

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(11) **031962**

(13) **B1**

(12) **ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОМУ ПАТЕНТУ**

(45) Дата публикации и выдачи патента
2019.03.29

(51) Int. Cl. **B29C 65/08** (2006.01)
B23K 20/10 (2006.01)

(21) Номер заявки
201700064

(22) Дата подачи заявки
2016.12.29

(54) **СПОСОБ УЛЬТРАЗВУКОВОЙ СВАРКИ ПОЛИМЕРОВ**

(43) **2018.07.31**

(56) EP-B1-1455957
RU-A1-2013152032
RU-C1-2282525

(96) **2016/EA/0116 (BY) 2016.12.29**

(71)(73) Заявитель и патентовладелец:
**БЕЛОРУССКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
(BY)**

(72) Изобретатель:
**Клубович Владимир Владимирович,
Клушин Валерий Александрович,
Хрущев Евгений Викторович (BY)**

(57) Изобретение относится к области ультразвуковой сварки термопластических полимерных материалов и может быть использовано при разработке технологии и оборудования получения неразъемных соединений с использованием ультразвуковых колебаний, преимущественно для оптимизации технологических режимов и повышения качества сварки. Способ ультразвуковой сварки полимеров включает приложение к свариваемым заготовкам статического давления в зоне их соединения между пуансоном-волноводом и матрицей, возбуждение ультразвуковых колебаний в зоне контакта соединяемых деталей, обеспечивая при этом разогрев зоны контакта до температур повышенной пластичности, и последующее формирование сварного соединения. Ультразвуковые колебания возбуждают через пуансон-волновод в замкнутой резонансной колебательной системе с полуволновой матрицей-отражателем колебаний. Формирование сварного соединения осуществляют в заданном интервале температуры очага деформации с контролем фактической температуры зоны сварки, которую сравнивают с заданным температурным интервалом, и в зависимости от величины изменения температурного интервала изменяют амплитуду колебаний пуансона-волновода ультразвуковой колебательной системы путем изменения мощности выходного сигнала генератора электрических колебаний, и/или увеличивают или уменьшают продолжительность ультразвукового импульса, и/или увеличивают или уменьшают статическое давление на свариваемые заготовки.

B1

031962

031962

B1

Изобретение относится к области ультразвуковой сварки термопластических полимерных материалов и может быть использовано при разработке технологии и оборудования для получения неразъемных соединений с использованием ультразвуковых колебаний, преимущественно для оптимизации технологических режимов и повышения качества сварки.

Известен способ ультразвуковой сварки полимеров [1], при котором электрические колебания ультразвуковой частоты 18-50 кГц, вырабатываемые генератором, преобразуются разомкнутой колебательной системой в механические колебания волновода (пуансона-волновода). Пуансон-волновод прижимает свариваемые заготовки к жестко закрепленной опоре (матрице) и передает колебания в зону ультразвуковой сварки. В результате свариваемые полимеры деформируются и диффундируют между собой: аморфные материалы переходят в вязкотекучее состояние, а кристаллические нагреваются до температуры плавления кристаллов.

Недостаток указанного способа заключается в ограниченных технологических возможностях, обусловленных разомкнутой колебательной системой, которая не позволяет исключить затухание колебаний при повышенных статических нагрузках.

В качестве прототипа выбран способ ультразвуковой сварки полимеров, при котором свариваемые заготовки сжимают статическим давлением в зоне их соединения между пуансоном-волноводом и матрицей, возбуждают ультразвуковые колебания в зоне контакта соединяемых деталей, обеспечивая разогрев зоны контакта до температур повышенной пластичности, и осуществляют последующее формирование сварного соединения [2].

Недостаток способа, выбранного в качестве прототипа, заключается в том, что основные параметры ультразвуковой сварки (амплитуда колебаний рабочего торца волновода, частота колебаний, продолжительность ультразвукового импульса и сварочное статическое давление) устанавливаются в каждом конкретном случае экспериментально, что не может гарантировать оптимальность выбранных режимов и качество сварки при серийном производстве неразъемных соединений. Выбор основных параметров зависит также от геометрических размеров свариваемых деталей и их отклонений от номинальных значений, типа свариваемых полимеров, характеристик звукового поля и др.

Принципиальные кинематические схемы машин для ультразвуковой сварки пластмасс по известному способу [2, стр. 144, рис. 83] используют разомкнутые колебательные системы, которые целесообразно использовать только при небольших (ограниченных) статических нагрузках, что уменьшает технологические возможности сварки. По мере увеличения статической нагрузки частота собственных колебаний системы изменяется, так как происходит присоединение нагрузки к резонансной части системы и увеличение ее длины. При определенных повышенных нагрузках происходит полное демпфирование колебаний.

В основу изобретения положена задача расширения технологических возможностей и повышения качества сварки полимерных материалов путем оптимизации режимов сварки за счет исключения затухания колебаний при повышенных статических нагрузках и формирования сварного соединения в заданном контролируемом температурном интервале значений.

Поставленная задача достигается тем, что в способе ультразвуковой сварки полимеров, при котором свариваемые заготовки сжимают статическим давлением в зоне их соединения между пуансоном-волноводом и матрицей, возбуждают ультразвуковые колебания в зоне контакта соединяемых деталей, обеспечивая разогрев зоны контакта до температур повышенной пластичности, и осуществляют последующее формирование сварного соединения, ультразвуковые колебания возбуждают через пуансон-волновод в замкнутой резонансной колебательной системе с полуволновой матрицей-отражателем колебаний, формирование сварного соединения осуществляют в заданном интервале температуры очага деформации с контролем фактической температуры зоны сварки, которую сравнивают с заданным температурным интервалом, и в зависимости от величины изменения температурного интервала изменяют амплитуду колебаний волновода-пуансона ультразвуковой колебательной системы путем изменения мощности выходного сигнала генератора электрических колебаний, и/или увеличивают или уменьшают продолжительность ультразвукового импульса, и/или увеличивают или уменьшают статическое давление на свариваемые заготовки.

Технический результат нового способа ультразвуковой сварки полимеров проявляется в расширении технологических возможностей и качества сварки за счет оптимизации режимов сварки путем исключения затухания ультразвуковых колебаний при повышенных статических нагрузках и формирования сварного соединения в заданном контролируемом интервале температуры очага деформации.

Для лучшего понимания изобретения его поясняют чертежом, где показана схема установки ультразвуковой сварки полимеров. Способ осуществляют по чертежу на примере работы установки ультразвуковой сварки полимеров, которая содержит следующие основные устройства: генератор ультразвуковых колебаний 1, ползун прессы 2 с пневматическим приводом, ультразвуковая колебательная система 3, система автоматического управления 4.

Ультразвуковая колебательная система 3 включает преобразователь колебаний 5, волновод 6, пуансон-волновод 7, матрицу 8, отражатель 9, свариваемые заготовки 10 и 11.

Система автоматического управления 4 включает датчик 12 температуры нагрева зоны сварки, уст-

ройство 13 сравнения (контроля изменения температурного интервала нагрева зоны сварки), программатор 14 заданного температурного интервала нагрева зоны сварки и алгоритм взаимозависимости основных параметров ультразвуковой сварки, пульт 15 управления ультразвуковой сваркой полимеров.

Преобразователь колебаний 5, волновод 6, пуансон-волновод 7 установлены в составных частях 16 и 17 волноводного звена с акустической развязкой колебательной системы от корпуса установки. Составные части 16 и 17 жестко закрепляются на ползуне пресса 2.

Ультразвуковая колебательная система 3 составлена из резонансных, кратных полуволне звеньев с расположением очага деформаций в пучности смещений (эпюра смещений 18).

Установка ультразвуковой сварки полимеров работает следующим образом.

В исходном положении, когда ползун пресса 2 находится в крайнем верхнем положении, производят укладку свариваемых заготовок 10, 11 в матрицу 8, после чего включают рабочий цикл ультразвуковой сварки.

Рабочий цикл определяется последовательностью приложения статического давления $P_{ст.}$, включения и прохождения ультразвукового импульса, контроля фактической температуры зоны сварки, корректировки одного и нескольких параметров ультразвуковой сварки (амплитуда колебаний пуансона-волновода ультразвуковой колебательной системы, продолжительность импульса, статическое давление на свариваемые заготовки), выключения ультразвукового импульса, выдержки изделия под давлением и снятия давления с последующим удалением сварного соединения из матрицы.

Статическое давление $P_{ст.}$ на свариваемые заготовки 10, 11 осуществляют при рабочем ходе ползуна пресса 2 до включения ультразвуковых колебаний. Давление снимается с запаздыванием, после окончания формирования сварного соединения.

Затем включают генератор ультразвуковых колебаний 1, который вырабатывает электрические колебания ультразвуковой частоты 20-50кГц, преобразуемые ультразвуковой колебательной системой 3 в механические колебания пуансона-волновода, и вводит в свариваемый материал. Часть энергии механических колебаний переходит в тепловую энергию, что приводит к нагреву зоны контакта соединяемых деталей до температур повышенной пластичности.

Конструктивно ультразвуковая колебательная система 3 выполнена замкнутой резонансной с полуволновым отражателем 9 и с расположением пучности смещений (эпюра 18) в плоскость контакта свариваемых заготовок 10, 11, что позволяет исключить затухание ультразвуковых колебаний при повышенных статических нагрузках и максимально использовать акустическую энергию для нагрева зоны сварки.

Контроль фактической температуры зоны сварки осуществляют датчиком 12 температуры нагрева зоны сварки (например, пирометром с лазерным целеуказателем), электрический сигнал которого поступает в устройство 13 сравнения с заданным интервалом значений температур, заданным программатором 14 системы автоматического управления 4.

В зависимости от величины изменения температурного интервала система автоматического управления 4 изменяет амплитуду колебаний пуансона-волновода ультразвуковой колебательной системы 3 путем изменения мощности выходного сигнала генератора электрических колебаний 1, и/или увеличивает или уменьшает продолжительность ультразвукового импульса, и/или увеличивает или уменьшает статическое давление на свариваемые заготовки.

По результатам исследований, представленных в литературе [1-6 и др.], установлено, что температура в зоне сварки зависит от основных параметров режима сварки: амплитуды колебаний рабочего торца волновода, частоты ультразвуковых колебаний, продолжительности ультразвукового импульса и сварочного статического давления $P_{ст.}$

Основные параметры режима взаимосвязаны. Так время, необходимое для сварки, зависит от амплитуды колебаний и сварочного давления. При более высоких амплитудах необходимые свойства сварных соединений могут быть достигнуты при меньшем времени сварки, и наоборот.

Определяющим параметром режима ультразвуковой сварки является амплитуда колебаний рабочего торца волновода, которая выбирается в пределах 30-70 мкм. Оптимальному значению амплитуды соответствует максимальная прочность и наилучшее качество сварного соединения. Амплитуда колебаний, необходимая для обеспечения качественной сварки, связана с величиной сварочного давления и, кроме того, зависит от геометрических размеров свариваемых деталей, типа свариваемых полимеров и опоры (матрицы), определяющих распределение характеристик звукового поля.

Главной отличительной особенностью предлагаемого способа сварки является контроль фактической температуры зоны сварки и удержание теплового режима сварки в заданном интервале температур за счет оптимизации режимов сварки, что позволяет существенным образом влиять на качественное образование сварного соединения.

Механизм образования соединений при ультразвуковой сварке термопластичных полимерных композитов зависит от температуры в зоне сварки. Если сварка проводится в интервале температур высокой эластичности, преимущественным является диффузионный механизм. При этом необходим длительный контакт свариваемых поверхностей друг с другом, сварные швы сохраняют границу раздела, а материал в зоне соединения не отличается от исходного материала по надмолекулярной структуре.

Если сварка проводится в интервале материала вязкой текучести (сварка плавлением), преимуще-

ственным является механизм течения расплава и связанного с этим перемешивания его. При этом в сварных швах практически отсутствует граница раздела соединяемых поверхностей, они не разрушаются по первоначальной плоскости контакта, а надмолекулярная структура может изменяться в зависимости от условий охлаждения расплава. В микрообъемах протекает взаимная диффузия участков молекулярных цепей и целых макромолекул, возможна также рекомбинация молекулярных цепей.

Проводили экспериментальные исследования способа ультразвуковой сварки полимеров, при котором ультразвуковые колебания возбуждают через пуансон-волновод в замкнутой резонансной колебательной системе с полуволновой матрицей-отражателем колебаний.

В качестве образцов были выбраны бруски размером 10 мм×4,25 мм×80 мм, изготовленные из следующих композитов:

- образец №1 - ПП+30СВ;
- образец №2 - ПП+30СВ+1МФ 07ПИЦ;
- образец №3 - АБС+30ПА+5Exceed.

Сварка образцов проводилась внахлест на длине 50 мм, что было связано с размерами пуансона-волновода.

Усилие прижима $P_{ст.}$ задавалось вертикальным перемещением преобразователя колебаний 5 при помощи пневматического привода ползуна прессы 2 в пределах 500-4000 Н (50-400 кг). Статическое давление изменяли в пределах 10-80 кг/см².

Амплитуду ультразвуковых колебаний A на торце пуансон-волновода в резонансном режиме после приложения статического давления $P_{ст.}$ изменяли в пределах 20-50 мкм.

Частоту ультразвуковых колебаний f настраивали на резонансный режим в пределах 20 кГц.

С целью подбора оптимальных режимов ультразвуковой сварки по аналогии с известным способом сварку осуществляли при различных значениях параметров режима сварки (амплитуда A , продолжительность t ультразвукового импульса и сварочное статическое давление $P_{ст.}$).

В процессе сварки на различных режимах фиксировали фактическую температуру T очага деформации зоны сварки.

Полученные сварные соединения были испытаны на разрывной машине ZD 10/90, которая позволяет построить кривые нагружения и зафиксировать усилие в момент разрыва.

Анализ полученных результатов исследований показал, что наилучшее качество сварки было получено на режимах ультразвуковой сварки, при которых температура очага деформации зоны сварки находилась в интервале температур, соответствующих температурам размягчения и плавления свариваемых полимеров.

Так, например, оптимальные режимы сварки для образца №1 ПП+30СВ получены при температуре очага сварки $T=152-170$ °С, что соответствует указанному интервалу температур размягчения и плавления свариваемых полимеров, и составляют: $A=35-40$ мкм; $f=20$ кГц; $P_{ст.}=1000$ Н; $t=0,7$ с.

Испытания образцов на разрыв показали, что прочность сварных соединений, полученных при оптимальных режимах ультразвуковой сварки, определяется прочностью материала образцов. Ни один из испытанных образцов не порвался по сварке.

Проведенные исследования позволили также установить зависимости температуры очага деформации от основных параметров режима сварки, что позволяет осуществлять формирование сварного соединения в заданном контролируемом интервале температуры очага деформации.

Так для повышения температуры очага деформации необходимо увеличить статическое давление, с увеличением давления до определенного предела увеличивается не только прочность соединения, но и скорость сварки;

увеличить амплитуду колебаний, увеличение амплитуды смещения приводит к возрастанию энергии, подводимой к свариваемым материалам.

Таким образом, предлагаемый способ ультразвуковой сварки полимеров расширяет технологические возможности и качество сварки за счет оптимизации режимов сварки путем исключения затухания ультразвуковых колебаний при повышенных статических нагрузках и осуществления формирования сварного соединения в заданном контролируемом интервале температуры очага деформации.

Источники информации.

[1] Волков С.С., Черняк Б.Я. Сварка пластмасс ультразвуком. 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Химия, 1986. - 256 с.

[2] Холопов Ю.В. Ультразвуковая сварка. - Л., "Машиностроение", 1972. - 152 с.

[3] Амосов Б.В. Тепловые явления при ультразвуковой сварке. - Сварка цветных сплавов и некоторых легированных сталей. Под ред. Г.А. Николаева. М., Оборонгиз, 1962.

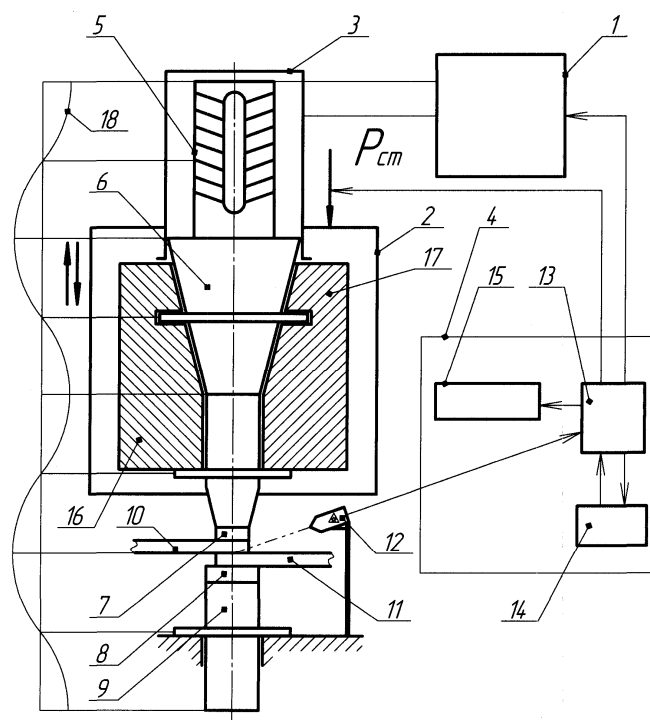
[4] Клубович В.В. Технологии изготовления и обработки специальных периодических профилей: монография / В.В. Клубович, В.А. Томило. - Минск: БИТУ, 2007.

[5] Клубович В.В., Степаненко А.В. Ультразвуковая обработка материалов. - Мн.: Наука и техника, 1981.

[6] Артемьев, В.В. Ультразвук и обработка материалов: Монография/ В.В. Артемьев, В.В. Клубович, В.В. Рубаник. - Мн.: "Экоперспектива", 2003. - 335 с.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

Способ ультразвуковой сварки полимеров, при котором свариваемые заготовки сжимают статическим давлением в зоне их соединения между пуансоном-волноводом и матрицей, возбуждают ультразвуковые колебания в зоне контакта соединяемых деталей, обеспечивая разогрев зоны контакта до температур повышенной пластичности, и осуществляют последующее формирование сварного соединения, отличающийся тем, что ультразвуковые колебания возбуждают через пуансон-волновод в замкнутой резонансной колебательной системе с половеолновой матрицей-отражателем колебаний, формирование сварного соединения осуществляют в заданном интервале температуры очага деформации с контролем фактической температуры зоны сварки, которую сравнивают с заданным температурным интервалом, и в зависимости от величины изменения температурного интервала изменяют амплитуду колебаний пуансона-волновода ультразвуковой колебательной системы путем изменения мощности выходного сигнала генератора электрических колебаний, и/или увеличивают или уменьшают продолжительность ультразвукового импульса, и/или увеличивают или уменьшают статическое давление на свариваемые заготовки.



Евразийская патентная организация, ЕАПВ

Россия, 109012, Москва, Малый Черкасский пер., 2